

Seminar Nasional Optimalisasi Sumberdaya
Lokal di Era Revolusi Industri 4.0
ISBN: 978-602-50605-8-8

SMART FARMING: TEKNOLOGI PGPR UNTUK KEBERLANJUTAN PERTANIAN LAHAN KERING

Ida Ekawati¹⁾

¹⁾Dosen Prodi Agribisnis Fakultas Pertanian Unija,

Perserikatan Bangsa Bangsa (PBB) memprediksi penduduk dunia terus meningkat hingga mencapai 8,1 milyar jiwa pada tahun 2025 dan akan meningkat hingga 9,6 milyar pada tahun 2050 (Kompas, 15 Juni 2013). Suatu tantangan besar untuk memberi makan penduduk dunia, sementara saat ini lahan terdegradasi dan kerusakan lingkungan semakin meningkat dengan adanya tekanan penduduk. Sementara, menurut Badan Pusat Statistik penduduk Indonesia tahun 2019 diprediksi mencapai 267 juta jiwa. Tentunya kebutuhan pangan semakin meningkat dengan berjalannya waktu, pertanian harus mencukupi kebutuhan tersebut. Oleh karena itu produktivitas pertanian signifikan perlu ditingkatkan di era saat ini dan mendatang. Pendekatan yang diperlukan yaitu keberlanjutan produksi, dan teknologi ramah lingkungan. Inovasi teknologi baru perlu dikembangkan dan diaplikasikan (Glick, 2014). Lahan kering yang merupakan bagian terbesar lahan pertanian di Indonesia memerlukan inovasi teknologi modern untuk mengoptimalkan potensinya menghasilkan pangan. Tanpa teknologi sulit untuk memenuhi kebutuhan pangan penduduk dunia. Fokus pembahasan pada tulisan ini mengarah pada teknologi PGPR (plant growth promoting rhizobacteria) dalam mewujudkan lahan pertanian yang smart untuk peningkatan produksi pangan berkelanjutan khususnya untuk lahan kering.

Pertanian Presisi dan Smart Farming

Era revolusi industri 4.0 telah merambah dunia pertanian. Perkembangan teknologi di era ini sangat cepat dan menuntut adanya adaptasi dari semua sektor, termasuk pertanian. Perubahan di bidang pertanian menunjukkan adanya pembaharuan teknologi, dimana teknologi konvensional mulai digantikan dengan teknologi modern berbasis internet maupun digital. Aplikasi-aplikasi baru bermunculan untuk efisiensi sistem produksi pertanian. Istilah precision farming (pertanian presisi) maupun smart

farming (pertanian cerdas) mulai dikenal. Beberapa peneliti telah mendefinisikan precision farming, yang pada dasarnya pengertian precision farming adalah sistem manajemen pertanian yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan penggunaan sumberdaya baik melalui peningkatan hasil atau berkurangnya input dan efek lingkungan yang merugikan dengan memanfaatkan teknologi informasi (Balafoutis *et al.*, 2017). Teknologi digunakan untuk mengelola sumberdaya secara efisien agar menghasilkan produksi pertanian yang lebih produktif dan

berkelanjutan dengan pendekatan presisi dan efisiensi sumberdaya. Serangkaian teknologi dibutuhkan seperti GPS, GIS, penginderaan jarak jauh, sistem teknologi informasi untuk meningkatkan efisiensi, produktifitas, dan keuntungan sistem produksi pertanian yang ramah lingkungan.

Pertanian presisi kadang dikenal dengan smart farming yang menggambarkan aplikasi teknologi informasi komunikasi modern di bidang pertanian, platform dihubungkan dengan perangkat tablet atau handphone dalam pengumpulan informasi status hara, kelembaban udara, kondisi cuaca yang diperoleh dari perangkat yang ditanamkan pada lahan pertanian. Dengan bantuan teknologi petani mendapatkan informasi yang tepat dan dapat mengambil keputusan yang tepat dalam menjalankan usahatannya. Sebagai misal, tepat dalam memilih varietas, tepat menentukan waktu tanam, tepat dosis pupuk dan tindakan budidaya lainnya. Selanjutnya, diikuti dengan penggunaan alat pertanian yang serba pintar. Sebagai gambaran aplikasi teknologi smart farming di Indonesia di antaranya yaitu:

1. Alat pertanian pintar

Sprayer drone digunakan untuk pemupukan lewat daun dan penyemprotan pestisida. Sprayer drone ini dilengkapi dengan remote control operator, sehingga dapat dikendalikan dari jarak jauh. Mekanisme kerja drone menyemprotkan *liquid* dengan wujud kabut (*fog*)

dari udara tepat pada daun tanaman, ketinggian semprot 70 cm dari permukaan tanah (Santoso dan Hariyanto, 2017). Alat lainnya yaitu traktor yang dijalankan dengan remote kontrol. Petani tidak perlu keliling lahan, cukup mengendalikan traktor di pinggir lahan.

2. Smart pemupukan menggunakan teknologi nano

Teknologi nano merupakan fenomena baru di bidang pemupukan. Penggunaan teknologi ini didesain untuk meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi, sehingga mengurangi efek terhadap lingkungan (Calabi-Floody, 2018). Material pupuk berukuran mikrometer diubah menjadi berukuran nanometer. Pemanfaatan teknologi nano memungkinkan pemberian pupuk sesuai kebutuhan, aplikasi pupuk fosfat alam dengan teknologi nano hingga berukuran 100 nm telah dicoba dapat meningkatkan ketersediaan P dalam tanah (Widowati *et al.*, 2012). Sementara, Veronica *et al.* (2015) menyatakan bahwa penggunaan teknologi nano memiliki keuntungan menurunkan penggunaan input pertanian dan memperbaiki kualitas pangan.

3. Sistem informasi kalender tanam

Badan Penelitian dan pengembangan Pertanian Kementrian Pertanian telah meluncurkan Si Katam Terpadu,

suatu aplikasi kalender tanam berbasis web dan android. Aplikasi ini menyajikan prediksi waktu tanam sampai pada tingkat kecamatan, varietas unggul yang tepat, rekomendasi pemupukan yang rasional. Produk ini dapat diakses melalui

<http://katam.litbang.deptan.go.id/> dan menjadi pedoman bagi pengguna sebelum memasuki musim tanam ke depan (Ramadani *et al.*, 2013).

4. Aplikasi bercocok tanam padi dan cabe keriting berbasis android
Institut Teknologi Padang menyikapi tantangan di era revolusi industri 4.0, membuat terobosan baru untuk pencapaian pertanian presisi dengan aplikasi bercocok tanam padi dan cabe keriting berbasis android (Harison *et al.*, 2017). Aplikasi ini dapat digunakan sebagai transfer pengetahuan, dimana petani lebih mudah mempelajari cara budidaya padi dan cabe keriting dengan pendekatan pengelolaan tanaman terpadu (PTT).
5. Smart Agri Sistem untuk mendeteksi kelembaban tanah
Aplikasi ini digunakan untuk mengontrol kelembaban tanah pada lahan pertanian secara otomatis dengan menggunakan smartphone Android. Pengguna dapat melihat kadar kelembaban pada lahan melalui pembacaan sensor serta mengontrol kembali dengan memberikan respons tertentu. Bila diketahui kadar air kurang, maka sensor akan “ON” dan otomatis memberikan pemberitahuan pada android melalui aplikasi. Alat ini dapat melakukan penyiraman dengan

media air sesuai kebutuhan kelembaban tanah yang diperlukan (Sinaga, 2019).

Beberapa contoh pemanfaatan teknologi informasi komunikasi di bidang pertanian tersebut menggambarkan bahwa sektor pertanian di Indonesia mulai beradaptasi dengan perkembangan teknologi era revolusi industri 4.0. Proses usahatani diharapkan lebih efisien dan dapat meningkatkan produksi pangan. Teknologi smart farming merupakan teknologi modern pertanian di masa depan.

Smart farming dengan teknologi PGPR (plant growth promoting rhizobacteria)

Sebagaimana dikemukakan sebelumnya oleh Rehman (2015) bahwa smart farming didasarkan pada pemikiran tentang bioteknologi, nano teknologi dan teknologi informasi. Ketiga aspek ini mengarahkan pemikiran pertanian cerdas. Di bidang bioteknologi, yang menjadi perhatian para peneliti saat ini yaitu bioteknologi PGPR untuk meningkatkan produksi pangan dan keberlanjutannya. Peningkatan produksi tanaman tidak terlepas dari tanah sebagai media tumbuh tanaman. Tanah penuh dengan kehidupan mikroskopis seperti bakteri, jamur, actinomycetes, protozoa, algae. Bakteri merupakan penghuni terbesar dibandingkan dengan mikroorganisme lainnya (Alexander, 1977; Glick, 2012). Bakteri ini ada yang merugikan dan ada pula yang bermanfaat bagi

pertumbuhan tanaman, seperti bakteri yang memacu pertumbuhan tanaman yang sering disebut PGPR. Kelompok bakteri ini hidup di sekitar perakaran dengan membentuk koloni menyelimuti permukaan akar. Energi pertumbuhannya diperoleh dengan memanfaatkan eksudat akar (Morgan *et al.*, 2005; Haghighi, 2011).

Perannya dalam memacu pertumbuhan tanaman dengan berbagai cara, di antaranya pelarutan fosfat, fiksasi nitrogen udara, menghasilkan hormon tumbuh, aktivitas anti jamur, induksi resistensi sistemik (Bhattacharyya dan Jha, 2012). Berbagai peran pgpr ini akan menyuburkan tanah, terbukti terdapat korelasi positif antara variabel pertumbuhan, sifat kimia tanah, dan populasi bakteri rhizofe (Kaushal dan Kaushal, 2018). Bakteri yang masuk golongan PGPR adalah bakteri pemfiksasi N, bakteri pelarut fosfat, bakteri penghasil hormon tumbuh, bakteri yang dapat berfungsi sebagai biokontrol OPT, bakteri yang dapat mengurangi stress kekurangan air maupun stress garam.

Inokulasi bakteri pemfiksasi N *Azospirillum* dan *Azotobacter* pada tanaman gandum membantu penyediaan nitrogen pada tingkat pemupukan N maksimal 120 kg N/ha, dan kedua bakteri tidak menunjukkan antagonisme (Alizadeh dan Ordookhani, 2011). Sementara hasil penelitian Kifle (2013) menunjukkan bahwa inokulasi bakteri pemfiksasi N yang dikombinasikan dengan sepertiga dosis N dapat meningkatkan pertumbuhan jagung dan gandum.

Bakteri tersebut selain mampu menyediakan N bagi tanaman juga menghasilkan hormon tumbuh IAA dan giberilin (Subba Rao, 1986).

Bakteri pelarut fosfat adalah bakteri yang dapat melarutkan fosfat yang tidak tersedia menjadi bentuk tersedia bagi tanaman. Bakteri ini memobilisasi P dengan memproduksi asam organik dan enzim fosfatase (Antoun, 2012). Penggunaan kelompok bakteri ini ditujukan untuk meningkatkan efisien pemupukan P, karena rendahnya P tersedia dalam tanah. Aplikasi pupuk P ke dalam tanah hanya 15-20% yang dapat diserap oleh tanaman (Ginting *et al.*, -). Pemberian bakteri pelarut fosfat dan penambat N mampu meningkatkan kadar N dan P tanaman tomat (Astuti *et al.*, 2013). Sementara penelitian Cahyani *et al.* (2018) menunjukkan bahwa pemberian PGPR pada pertanaman kentang dapat meningkatkan kadar N dan P tanah, serta produksi umbi. Penerapan teknologi PGPR ini akan mengurangi kebutuhan pupuk anorganik dalam budidaya tanaman. Pada awalnya akan mengurangi, namun bila diterapkan secara terus menerus pada akhirnya akan menggantikan penggunaan pupuk anorganik yang selama ini digunakan serta dapat digunakan sebagai strategi membersihkan lingkungan (Glick, 2012).

Berbagai hasil penelitian terkait PGPR telah membuktikan bahwa rhizobakteria ini mampu menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dan dapat

meningkatkan produksi tanaman. Oleh karena itu, dengan kemajuan bioteknologi, rhizobakteria ini dapat dimodifikasi dan diformulasikan untuk menghasilkan konsorsium PGPR yang lebih meningkatkan produksi tanaman. Ini merupakan peluang untuk industrialisasi PGPR sehingga petani lebih mudah menerapkan teknologi ini guna meningkatkan kesejahteraannya.

Pemanfaatan PGPR yang dikombinasikan dengan penggunaan peralatan teknologi informasi seperti smart agri untuk mendeteksi kelembaban tanah akan semakin berpeluang meningkatkan produksi pangan.

Peran PGPR dalam mewujudkan keberlanjutan pertanian lahan kering

Lahan kering yang pada umumnya miskin unsur hara, mengalami tekan penduduk sehingga lahan tersebut diusahakan secara intensif untuk mencukupi kebutuhan pangan. Penggunaan pupuk anorganik berlebihan sehingga kondisi tanah semakin terdegradasi, lingkungan tercemar. Hal ini mengancam keberlanjutan pertanian. Proses produksi pada pertanian berkelanjutan mengarah pada penggunaan produk hayati yang ramah terhadap lingkungan. Untuk mewujudkan keberlanjutan pertanian, kondisi lahan kering perlu diperbaiki dengan teknologi yang ramah lingkungan, salah satunya teknologi PGPR.

Berbagai peran PGPR sebagai bakteri penghuni lingkungan perakaran telah dibahas, kondisi rhizosfer dapat dimodifikasi untuk mewujudkan interaksi akar dengan mikroba yang menguntungkan guna meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan sistem pertanian (McNear, 2013). PGPR sebagai *biofertilizer* dapat menggantikan pupuk anorganik yang selama ini digunakan. Dengan memberdayakan rhizobakteria dan siklus biologi maka pelayanan agroekosistem dapat diperbaiki menuju keberlanjutan pertanian. Selain itu, peran PGPR sebagai biokontrol dalam bentuk biopestisida untuk mengendalikan hama dan patogen tanaman telah dianggap praktek baik untuk mempertahankan agroekosistem (Mishra *et al.*, 2015). Pupuk biologi yang terdiri atas bakteri pemfiksasi N, pelarut fosfat dan kalium, strain bakteri lain juga dilaporkan dapat menekan populasi *Meloidogyne incognita* yang menyerang tanaman cabe dan tomat (Youssef dan Eissa, 2014).

PGPR yang menghasilkan ACC deaminase selain menghasilkan hormon tumbuh juga melindungi tanaman melawan kekeringan, cekaman garam, dan patogen (Glick, 2014).

Nampak bahwa PGPR penghasil ACC deaminase dapat melindungi tanaman dari tekanan abiotik maupun biotik. Ini berarti permasalahan lahan kering yang mana tanaman sering mengalami stress air maupun garam

dapat diatasi dengan penggunaan PGPR.

Lingkungan rhizosfer yang smart dengan tumbuhnya bakteri bakteri bermanfaat berfungsi sebagai biofertilizer, biokontrol, penghasil hormon tumbuh, dan pelindung terhadap stress lingkungan akan mendorong pertumbuhan dan produksi tanaman yang lebih baik.

Kesimpulan

Tantangan pertanian di masa mendatang yaitu memberikan makan penduduk dunia yang semakin meningkat. Oleh karenanya produksi pertanian mesti ditingkatkan untuk mencukupi kebutuhan pangan. Perkembangan teknologi di era revolusi industri 4.0 dapat dimanfaatkan dalam rangka meningkatkan produktivitas tanaman dengan pendekatan smart farming dan precision farming. Pendekatan ini membantu petani untuk mengambil keputusan tindakan budidaya secara tepat berdasarkan informasi yang diterimanya, hal ini akan membantu dalam peningkatan produksi. Pengembangan smart farming salah satunya didasarkan pada pemikiran bioteknologi, yang di antaranya teknologi PGPR. Kumpulan mikroorganisme bermanfaat ini dapat dieksploitasi dan diformulasikan sebagai konsorsium bakteri rizosfer yang berperan sebagai biofertilizer, biopestisida, penghasil hormon tumbuh untuk dimanfaatkan sebagai pendukung terwujudnya pertanian lahan kering yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander. 1977. Introduction to Soil Microbiology. John Wiley & Sons. New York.
- Alizadeh, O. and K. Ordoorkhani. 2011. Use of N₂-fixing Bacteria Azotobacter, Azospirillum in Optimizing of Using Nitrogen in Sustainable Wheat Cropping. *Advances in Environmental Biology*, 5(7): 1572-1574
- Antouna, H. 2012. Beneficial Microorganisms for the Sustainable Use of Phosphates in Agriculture. *Procedia Engineering* 46: 62 – 67
- Astuti, Y.W., L.U.Widodo, I. Budisantoso. 2013. Pengaruh Bakteri Pelarut Fosfat Dan Bakteri Penambat Nitrogen terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat pada Tanah Masam. *Biosfera* 30 (3): 134-142
- Balafoutis, A., B. Beck, S. Fountas, J. Vangeyte, T. van der Wal, I. Soto, M. Gómez-Barbero, A. Barnes, and V. Eory. 2017. Precision Agriculture Technologies Positively Contributing to GHG Emissions Mitigation, Farm Productivity and Economics. *Sustainability* 9 (1339): 1-28
- Bhattacharyya, P.N dan D.K. Jha. 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World J Microbiol Biotechnol* 28:1327–1350
- Cahyani, A.T., M.I Putrayani, Hasrullah, M. Ersyan, T. S. Aulia, A.M. Jaya. 2017. Teknologi Formulasi Rhizobakteria Berbasis Bahan Lokal dalam Menunjang

- Bioindustri Pertanian
Berkelanjutan. Hasanuddin
Student Journal. 1(1): 16-211
- Calabi-Floody, M., J. Medina, C.
Rumpel, L. M. Condrón, M.
Hernandez, M. Dumont, M. de la
Luz Morak. Smart Fertilizer as
Strategy for Sustainable
Agriculture.
- Ginting, R.C.B, R. Saraswati, E.
Husen. Mikroorganisme Pelarut
Fosfat. Dalam Suriadikarta dan
Simanungkalit. Pupuk Organik
dan Hayati.
<http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/buku/pupuk/pupuk7.pdf>
- Haghighi, B. J., O.A. Alizadeh, dan
A. H. Firoozabadi. 2011. The
Role of Plant Growth Promoting
Rhizobacteria (PGPR) in
Sustainable Agriculture.
Advances in Environmental
Biology, 5(10): 3079-3083
- Harison, M. Putri, W.Daratul. 2017.
Perancangan Aplikasi Bercocok
Tanam Padi dan Cabe Kriting
Berbasis Android. Jurnal
Nasional Teknologi dan Sistem
Informasi- 03(02): 306-312
- Ramadhani, F., E. Runtuwuwu, dan H.
Syahbuddin. 2013. Sistem
Teknologi Informasi Kalender
Tanam Terpadu. Informatika
Pertanian, 22 (2): 103 - 112
- Glick, B.R. 2012. Plant Growth-
promoting Bacteria:
Mechanisms and Applications.
Scientifica, Article ID
2012963401
- Glick, B.R. 2014. Bacteria with ACC
deaminase can promote plant
growth and help to feed the
world. Microbiol Res 169:30–
39
- Kaushal, M. dan R. Kaushal. 2018.
Rhizobacterial switching
towards climate smart
agroecosystems. Applied
Ecology and Environmental
Research 16(5):7253-7270.
- Kifle, M.H. 2013. Evaluation of
Diazotrophic Bacteria as
Biofertilizers. University of
KwaZulu-Natal
Pietermaritzburg, South
Africa, Thesis.
<https://pdfs.semanticscholar.org/408b/c6673409e236c08bb140dcab1f1b93405d13.pdf>
- McNear, J.D.H. 2013. The
rhizosphere – roots, soil and
everything in between. Nature
Education Knowledge 4(3):1
- Mishra J, Arora N.K. 2016.
Bioformulations for plant
growth promotion and
combating phytopathogens: a
sustainable approach. In:
Bioformulations: for
sustainable agriculture.
Springer, India, pp 3–33
- Mishra J, Tewari S, Singh S, Arora
NK .2015. Biopesticides where
we stand? In: Arora NK (ed)
Plant microbe symbiosis:
applied facets. Springer, New
Delhi, pp 37–75
- Morgan, J. A. W., G. D. Bending and
P. J. White. 2005. Biological
costs and benefits to plant–
microbe interactions in the
rhizosphere. Journal of
Experimental Botany, 56,
(417): 1729–1739
- Rehman, A. 2015. Smart Agriculture:
An Approach towards Better

Agriculture Management.
Omics Group.ebooks.

- Santoso, D.W., dan K. Hariyanto. 2017. Pengembangan Sistem Penyemprotan Pada Platform Pesawat Tanpa Awak Berbasis Quadcopter Untuk Membantu Petani Mengurangi Biaya Pertanian Dalam Mendorong Konsep Pertanian Pintar (Smart Farming). *Angkasa* 9 (2): 49-56
- Shaimaa, H., Abd-Elrahman, and M.A.M. Mostafa. 2015. Applications of Nanotechnology in Agriculture: An Overview. *Egypt. J. Soil Sci.* 55, No. 2, pp. (2015)
- Sinaga, F.P.Y. 2019. Sas (Smart Agri System) :Sistem Cerdas Pengontrolkelembaban Tanah Pada Lahan Pertanian Dengan Logika Fuzzyberbasis Iot (Internet Of Things) Melalui Smartphone Androiduntuk Mewujudkan Indonesia Sebagai Lumbung Pangan Dunia. [http://pilmapres.ristekdikti.go.id/](http://pilmapres.ristekdikti.go.id/file/kti/DIPLOMA_IPA_FRISCI_LIA_PERMATA_YUDIKA_SINAGA_19028347_KTI.pdf)
- Subba Rao, N.S. 1995. Soil microbiology and Plant Growth. Science Publisher, New Hampshire, USA.
- Veronica, N. T. Guru, R. Thatikunta, N. Reddy, S. 2015. Role of Nano fertilizers in agricultural farming. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2015, 1(1),1-3
- Widowati, L. R., Husein, W. Hartatik. 2012. Peluang Formulasi Pupuk Berteknologi Nano. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi. Hal. 307-316, Bogor 29-30 Juni 2012
- Youssef, M.M.A., M.F.M. Eissa. 2014. Biofertilizers and their role in management of plant parasitic nematodes. A review. *E3 Journal of Biotechnology and Pharmaceutical Research* 5(1): 001-006